

Bibliography

DWPI Title

Data communication device using multi-carrier modulation-demodulation system compares sampling time of synchronous clock with predetermined symbol timing, based on which frame is demodulated

Original Title

COMMUNICATION UNIT AND COMMUNICATION METHOD

Assignee/Applicant

Standardized: MITSUBISHI ELECTRIC CORP

Original: MITSUBISHI ELECTRIC CORP

Inventor

MATSUMOTO WATARU; NARUKAWA MASASHI

Publication Date (Kind Code)

2002-03-15 (A)

Application Number / Date

JP2000265888A / 2000-09-01

Priority Number / Date / Country

JP2000265888A / 2000-09-01 / JP

Abstract

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a communication unit that can realize enhancement of demodulation accuracy.

SOLUTION: The communication unit is configured with an orthogonal code assignment circuit 3 of a transmission system that multiplies a prescribed orthogonal code assigned in advance to a communication opposite party to a 'symbol of an area to specify the communication opposite party' in a transmission frame and with a correlation detection circuit 13 of a reception system that multiplies an orthogonal code assigned in advance to its own unit with the 'symbol of an area to specify the communication opposite party' in a plurality of data after Fourier transform to detect a correlation and defines the timing having the highest correlation as formal symbol timing so as to calculate a correction quantity of a symbol synchronization clock from the timing.

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F i

キーワード (参考)

H 0 4 J 11/00

H 0 4 J 11/00

Z 5 K 0 0 4

H 0 4 L 7/08

H 0 4 L 7/08

A 5 K 0 2 2

27/06

27/06

A 5 K 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数 4 ○ L (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願2000-265888(P2000-265888)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(22) 出願日

平成12年9月1日 (2000.9.1)

(72) 発明者 松本 渉

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(73) 発明者 成川 昌史

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100089118

弁理士 酒井 宏明

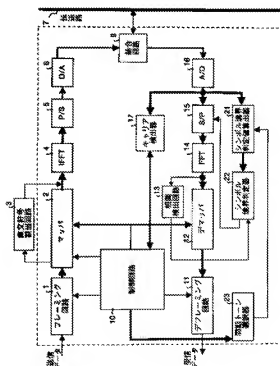
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信装置および通信方法

(57) 【要約】

【課題】 復調精度の向上を実現可能な通信装置を得ること。

【解決手段】 送信フレーム内の「通信相手を特定するための領域のシンボル」に対して、予め当該通信相手に割り当てられている所定の直交符号を乗算する送信系の直交符号割当回路3と、フーリエ変換後の複数のデータにおける「通信相手を特定するための領域のシンボル」に対して、予め自装置に割り当てられている直交符号を乗算することで相関検出を行い、その後、最も相関の高かったタイミングを正式なシンボルタイミングと定義して、当該タイミングからシンボル同期クロックの補正量を算出する受信系の相関検出回路13と、を備える構成とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 クロックマスターが出力するパイロットトーンを用いて、データ通信を行う前にシンボル同期を確立し、ここで生成されたシンボル同期クロックを用いて自分宛のフレームを復調する通信装置において、送信フレーム内の「通信相手を選定するための領域のシンボル」に対して、予め当該通信相手に割り当てられている所定の直交符号を乗算し、さらに、当該乗算結果を含めたすべての送信フレームに対して逆フーリエ変換を行い、最終的に、逆フーリエ変換後のデータをP/S変換およびD/A変換して出力する送信手段と、A/D変換後のサンプリングデータを、前記シンボル同期クロックのタイミングと、その他、前後に複数回のサンプリングタイミングで、それぞれパラレルデータに変換し、つぎに、当該複数のタイミングで生成したパラレルデータに対して個別にフーリエ変換を行い、つぎに、当該フーリエ変換後の複数のデータにおける前記「通信相手を選定するための領域のシンボル」に対して、予め自装置に割り当てられている直交符号を乗算することで相関検出を行い、その後、最も相関の高かったタイミングを正式なシンボルタイミングと定義して、当該タイミングからシンボル同期クロックの補正量を算出し、最終的に、当該補正量に基づいて補正されたシンボル同期クロックを用いて後続のフレームを復調する受信手段と、を備えることを特徴とする通信装置。

【請求項2】 送信機として動作する通信装置において、送信フレーム内の「通信相手を選定するための領域のシンボル」に対して、予め当該通信相手に割り当てられている所定の直交符号を乗算する直交符号乗算手段と、前記乗算結果を含めたすべての送信フレームに対して逆フーリエ変換を行う逆フーリエ変換手段と、前記逆フーリエ変換後のデータをP/S変換およびD/A変換して出力する出力手段と、を備えることを特徴とする通信装置。

【請求項3】 クロックマスターが出力するパイロットトーンを用いて、データ通信を行う前にシンボル同期を確立し、ここで生成されたシンボル同期クロックを用いて自分宛のフレームを復調する、受信機として動作する通信装置において、A/D変換後のサンプリングデータを、前記シンボル同期クロックのタイミングと、その他、前後に複数回のサンプリングタイミングで、それぞれパラレルデータに変換するデータ生成手段と、前記複数のタイミングで生成したパラレルデータに対して個別にフーリエ変換を行うフーリエ変換手段と、

前記フーリエ変換後の複数のデータにおける「通信相手を選定するための領域のシンボル」に対して、予め自装置に割り当てられている直交符号を乗算することで相関検出を行い、その後、最も相関の高かったタイミングを正式なシンボルタイミングと定義して、当該タイミングからシンボル同期クロックの補正量を算出する補正算出手段と、

前記補正量に基づいて補正されたシンボル同期クロックを用いて後続のフレームを復調する復調手段と、を備えることを特徴とする通信装置。

【請求項4】 クロックマスターが出力するパイロットトーンを用いて、データ通信を行う前にシンボル同期を確立し、ここで生成されたシンボル同期クロックを用いて自分宛のフレームを復調する通信方法において、送信フレーム内の「通信相手を選定するための領域のシンボル」に対して、予め当該通信相手に割り当てられている所定の直交符号を乗算する直交符号乗算ステップと、

前記乗算結果を含めたすべての送信フレームに対して逆フーリエ変換を行う逆フーリエ変換ステップと、前記逆フーリエ変換後のデータをP/S変換およびD/A変換して出力する出力ステップと、

A/D変換後のサンプリングデータを、前記シンボル同期クロックのタイミングと、その他、前後に複数回のサンプリングタイミングで、それぞれパラレルデータに変換するデータ生成ステップと、

前記複数のタイミングで生成したパラレルデータに対して個別にフーリエ変換を行うフーリエ変換ステップと、前記フーリエ変換後の複数のデータにおける前記「通信相手を選定するための領域のシンボル」に対して、予め自装置に割り当てられている直交符号を乗算することで相関検出を行い、その後、最も相関の高かったタイミングを正式なシンボルタイミングと定義して、当該タイミングからシンボル同期クロックの補正量を算出する補正算出ステップと、

前記補正量に基づいて補正されたシンボル同期クロックを用いて後続のフレームを復調する復調ステップと、を含むことを特徴とする通信方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マルチキャリア変復調方式を採用する通信装置に関するものであり、特に、DMT (Discrete Multi Tone) 変復調方式やOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) 変復調方式等により、既存の通信回線を用いたデータ通信を実現可能とする通信装置および通信方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】以下、従来の通信装置について説明する。近年、コスト削減と既存の設備を有効利用のため、

新たな通信線を増設することなく、既存の電力線（電灯線）を利用して通信を行う「電力線モデム」が注目されている。この電力線モデムは、電力線により接続されている家庭内外、ビル、工場、および店舗等の電気製品をネットワーク化することにより、その製品の制御やデータ通信等のさまざまな処理を行う。

【0003】現在、このような電力線モデムとしては、SS（Spread Spectrum）方式を用いたものが考えられている。たとえば、電力線モデムとして、SS方式を用いる場合、送信側では、所定の情報を変調後、さらに「拡散符号」を用いて拡散変調を行うことにより、信号の帯域を数十〜数千倍に広げて送信する。一方、受信側では、送信側と同一の拡散符号を用いて拡散復調（逆拡散）を行い、その後、逆拡散後の信号を上記所定の情報に復調する。

【0004】この場合、SS方式に望ましい拡散符号としては、一般的に、自己相関特性に鋭いピークを持ち、かつ相互相関特性が小さいM系列（Maximum-length linear shift-register sequence）が用いられる。

【0005】一方、上記SS方式を採用する通信装置と異なる変復調方式を採用する通信装置としては、たとえば、マルチキャリア変復調方式を採用する従来の通信装置がある。ここで、マルチキャリア変復調方式を採用する従来の通信装置の動作について説明する。

【0006】まず、マルチキャリア変復調方式として、OFDM変復調方式を採用する従来の通信装置の、送信側の動作を簡単に説明する。たとえば、OFDM変復調方式によるデータ通信を行う場合、送信系では、トーンオーダリング処理、すなわち、予め設定された周波数帯の複数のトーン（マルチキャリア）に、伝送可能なビット数の伝送データを割り振る処理を行う。具体的にいうと、たとえば、各周波数の $\text{tone } 0 \sim \text{tone } X$ （ X はトーン数を示す整数）に、予め決められたビット数の伝送データを割り振っている。そして、上記トーンオーダリング処理、および符号化処理が行われることにより、1フレーム毎に伝送データが多量化される。

【0007】さらに、送信系では、多量化された伝送データに対して逆高速フーリエ変換（IFFT）を行い、逆高速フーリエ変換後のパラレルデータをシリアルデータに変換し、その後、D/Aコンバータを通してデジタル波形をアナログ波形に変換し、最後にローパスフィルタをかけて伝送データを伝送路上に送信する。

【0008】つぎに、マルチキャリア変復調方式として、OFDM変復調方式を採用する従来の通信装置の、受信系の動作を簡単に説明する。上記と同様に、OFDM変復調方式によるデータ通信を行う場合、受信系では、受信データ（前述の伝送データ）に対し、ローパスフィルタをかけ、その後、A/Dコンバータを通してアナログ波形をデジタル波形に変換し、タイムドメインコライザにて時間領域の適応等化処理を行う。

【0009】さらに、受信系では、時間領域の適応等化処理後のデータをシリアルデータからパラレルデータに変換し、当該パラレルデータに対して高速フーリエ変換を行い、その後、周波数ドメインコライザにて周波数領域の適応等化処理を行う。

【0010】そして、周波数領域の適応等化処理後のデータは、複合処理（搬送復合）およびトーンオーダリング処理によりシリアルデータに変換され、その後、レートコンバート処理、FEC（forward error correction：前方誤り訂正）、デスクランブル処理、CRC（cyclic redundancy check：巡回冗長検査）等の処理が行われ、最終的に伝送データが再生される。

【0011】このように、OFDM変復調方式を採用する従来の通信装置では、CDMAやシグナルキャリア変復調方式では得ることのできない、たとえば、伝送効率の良および機能的フレキシビリティを利用して、高レートの通信を可能としている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記、SS方式を用いた従来の電力線モデムにおいては、たとえば、与えられた帯域を埋め尽くすスペクトラムを送出してしまうため、すなわち、法則上、使用可能な周波数帯域：10 KHz〜450 KHzを埋め尽くすスペクトラムを送出してしまうため、他の通信方式との共存が難しく、さらに、使用帯域に対する転送レートが低い（拡張性も低い）、という問題があった。

【0013】また、上記、OFDM変復調方式を採用する従来の通信装置においては、たとえば、「伝送レートおよび復調精度のさらなる向上」という観点から、自装置に送られてきた信号かどうかを判断するための構成、およびシンボル同期を確立するための構成、に改善の余地がある、という問題があった。

【0014】本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、同一ネットワーク上で複数の装置が通信可能な場合においても、伝送路上の信号が自装置に送られてきた信号かどうかを短いシンボル長で正確に判断することで伝送レートの向上を実現し、さらに高い高精度にシンボル同期を確立することで復調精度の向上を実現可能な通信装置を得ることを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる通信装置においては、クロックマスターが出力するパイロット用を用いて、データ通信を行う前にシンボル同期を確立し、ここで生成されたシンボル同期クロックを用いて自分宛のフレームを復調する構成を備え、たとえば、送信フレーム内の「通信相手を特定するための領域のシンボル」に対して、予め当該通信相手に割り当てられている所定の直交符号を乗算し、さらに、当該乗算結果を含めたすべての送信フレームに対して逆フーリエ変換を行い、最

終的に、逆フーリエ変換後のデータをP/S変換およびD/A変換して出力する送信手段（後述する実施の形態のフレーム回路1、マップ2、直交符号割当回路3、1FFT4、P/S5、D/A6に相当）と、A/D変換後のサンプリングデータを、前記シンボル同期クロックのタイミングと、その他、前後に複数回のサンプルタイミングで、それぞれパラレルデータに変換し、つぎに、当該複数のタイミングで生成したパラレルデータに対して個別にフーリエ変換を行い、つぎに、当該フーリエ変換後の複数のデータにおける前記「通信相手特定するための領域のシンボル」に対して、予め自装置に割り当てられている直交符号を乗算することで相関検出を行い、その後、最も相関の高かったタイミングを正式なシンボルタイミングと定義して、当該タイミングからシンボル同期クロックの補正量を算出し、最終的に、当該補正量に基づいて補正されたシンボル同期クロックを用いて後続のフレームを復調する受信手段（A/D16、S/P15、FFT14、相関検出回路13、マップ2、デフレーミング回路11、シンボル境界判定値算出回路21と、シンボル境界判定器22と、同期トーン選択器23に相当）と、を備えることを特徴とする。

【0016】つぎの発明にかかる通信装置にあっては、送信機として動作する構成とし、送信フレーム内の「通信相手特定するための領域のシンボル」に対して、予め当該通信相手に割り当てられている所定の直交符号を乗算する直交符号乗算手段（直交符号割当回路3に相当）と、前記乗算結果を含めたすべての送信フレームに対して逆フーリエ変換を行う逆フーリエ変換手段（1FFT4に相当）と、前記逆フーリエ変換後のデータをP/S変換およびD/A変換して出力する出力手段（P/S5、D/A6に相当）と、を備えることを特徴とする。

【0017】つぎの発明にかかる通信装置にあっては、クロックマスターが出力するパイロットトーンを用いて、データ通信を行う前にシンボル同期を確立し、ここで生成されたシンボル同期クロックを用いて自分宛のフレームを復調する構成とし、たとえば、A/D変換後のサンプリングデータを、前記シンボル同期クロックのタイミングと、その他、前後に複数回のサンプルタイミングで、それぞれパラレルデータに変換するデータ生成手段（A/D16、S/P15に相当）と、前記複数のタイミングで生成したパラレルデータに対して個別にフーリエ変換を行うフーリエ変換手段（FFT14に相当）と、前記フーリエ変換後の複数のデータにおける「通信相手特定するための領域のシンボル」に対して、予め自装置に割り当てられている直交符号を乗算することで相関検出を行い、その後、最も相関の高かったタイミングを正式なシンボルタイミングと定義して、当該タイミングからシンボル同期クロックの補正量を算出する補正

最算出手段（相関検出回路13に相当）と、前記補正量に基づいて補正されたシンボル同期クロックを用いて後続のフレームを復調する復調手段（S/P15、FFT14、デマップ12に相当）と、を備えることを特徴とする。

【0018】つぎの発明にかかる通信方法にあっては、送信フレーム内の「通信相手特定するための領域のシンボル」に対して、予め当該通信相手に割り当てられている所定の直交符号を乗算する直交符号乗算ステップと、前記乗算結果を含めたすべての送信フレームに対して逆フーリエ変換を行う逆フーリエ変換ステップと、前記逆フーリエ変換後のデータをP/S変換およびD/A変換して出力する出力ステップと、A/D変換後のサンプリングデータを、前記シンボル同期クロックのタイミングと、その他、前後に複数回のサンプルタイミングで、それぞれパラレルデータに変換するデータ生成ステップと、前記複数のタイミングで生成したパラレルデータに対して個別にフーリエ変換を行うフーリエ変換ステップと、前記フーリエ変換後の複数のデータにおける前記「通信相手特定するための領域のシンボル」に対して、予め自装置に割り当てられている直交符号を乗算することで相関検出を行い、その後、最も相関の高かったタイミングを正式なシンボルタイミングと定義して、当該タイミングからシンボル同期クロックの補正量を算出する補正最算出ステップと、前記補正量に基づいて補正されたシンボル同期クロックを用いて後続のフレームを復調する復調ステップと、を含むことを特徴とする。

【0019】

【発明の実施の形態】以下に、本発明にかかる通信装置の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。すなわち、マルチキャリア変復調方式によりデータ通信を行う通信装置であれば、電力線モデム以外にも適用可能である。

【0020】実施の形態1。本実施の形態では、既存の電力線を利用した通信装置として、たとえば、マルチキャリア変復調方式を採用する電力線モデムについて説明する。電力線モデムにおいては、たとえば、128トーンのOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 信号を送受信する場合、256個の複素1FFTを用いて、128個のDQPSKデータまたはM-QAMデータを時間軸データに変換する。したがって、キャリア間隔を $\Delta f = 4.3125 \text{ KHz}$ とした場合には、0~552KHzまでの帯域が使用されることになる。

【0021】また、本実施の形態においては、128トーンのOFDM信号を送受信する場合、低速モードで動作する電力線モデムが、16トーン毎に配置された5本の狭帯域搬送波周波数のキャリア、たとえば、トーン32、48、64、80、96を用いてデータの通信を行

い、高速モードで動作する電力線モデムが、残りのトーンを用いてデータの通信を行う。

【0022】図1は、本発明にかかる通信装置の構成を示す図である。具体的にいうと、低速モードで動作可能な通信装置の構成を示す図である。図1において、1はフレイミング回路であり、2はマッピングであり、3は直交符号割当回路であり、4は逆高速フーリエ変換回路（IFFT: Inverse Fast Fourier Transform）であり、5はパラレル/シリアル変換回路（P/S）であり、6はデジタル/アナログ変換回路（D/A）であり、7は伝送路（電力線）であり、8は結合回路であり、10は制御回路であり、11はデフレイミング回路であり、12はデマッピングであり、13は相関検出回路であり、14は高速フーリエ変換回路（FFT: Fast Fourier Transform）であり、15はシリアル/パラレル変換回路（S/P）であり、16はアナログ/デジタル変換回路（A/D）であり、17はキャリア検出器であり、21はシンボル境界判定値算出器であり、22はシンボル境界判定器であり、23は同期トーン選択器である。

【0023】そして、フレイミング回路1、マップ2、直交符号割当回路3、IFFT4、P/S5、D/A6で送信系を構成し、A/D16、S/P15、FFT14、相関検出回路13、デマッピング12、デフレイミング回路11、シンボル境界判定値算出器21、シンボル境界判定器22、同期トーン選択器23で受信系を構成する。

【0024】以下、送信系および受信系の基本的な動作を図面にしたがって説明する。まず、送信系の動作について説明する。たとえば、上記通信装置（電力線モデム）に接続されたデータ処理装置（図示せず）から送信データが入力されると、フレイミング回路1では、後述の図2に示すフレイミング処理を行い、そのフレームをマップ2に出力する。そして、マップ2では、受け取ったフレームを、制御回路10からの1トーンオーダリング選択情報「ターゲット符号長選択情報」「ビットマップ選択情報」「電力配分選択情報」等を用いてマッピング（DQPSK変調、M-QAM変調、ターボ符号化、電力配分制御等を含む）し、その結果をIFFT4へ出力する。

【0025】そして、IFFT4では、受け取ったすべてのトーン（低速モードで使用するトーン48、64、80以外）を逆フーリエ変換することで周波数軸データを時間軸データに変換してP/S5へ出力する。

【0026】P/S5では、IFFT4から出力されたパラレルデータをシリアルデータに変換し、さらに、そのシリアルデータをD/A6へ出力し、最後に、D/A6では、そのシリアルデータに対してデジタル/アナログ変換を行い、そのアナログ信号を、結合回路8および伝送路7を介して、伝送路7に接続された他の通信装置（図示せず）へ送信する。

【0027】つぎに、受信系の動作について説明する。なお、ここでは、説明の便宜上、伝送路7に通信装置が1台しか接続されていないので、図1の受信系の構成を用いて説明を行う。また、以降で説明する受信系では、クロックマスターとなる通信装置から常時送信されてくるパイロットトーンを用いて（実際は通信が行われていないときに間欠的に送られてくるパイロットフレームを用いて）、シンボル同期が確立されていることを前提とする。具体的にいうと、同期トーン選択器23が、制御回路10からの情報により、同期処理を行うために必要となるトーン（トーン40、56、72等）を選択する。そして、シンボル境界判定値算出器21が、選択されたトーンの信号に基づいて、シンボル境界判定値を算出し、さらに、シンボル境界判定器22が、算出されたシンボル境界判定値に基づいて、シンボル境界を判定してシンボル同期を確立する。

【0028】まず、上述のように送信系からマルチキャリアデータが送信されると、他の通信装置の受信系では、送信系の動作とは逆の動作を行い、データを復調する。具体的にいうと、送信側の通信装置から送られてきたすべてのマルチキャリアデータを、結合回路8を介して取り込み、A/D16が、アナログ/デジタル変換を行う。続いて、キャリア検出器17が、キャリアセンスおよびトーン検定によりキャリア検出用フィードバックを検出する。

【0029】その後、S/P15では、同期が確立されたシンボライミングに基づいて、デジタルデータに変換されたシリアルデータをパラレルデータに変換し、そのデータをFFT14へ出力する。

【0030】FFT14では、前記パラレルデータに対してフーリエ変換を行うことにより、時間軸のマルチキャリア信号を周波数軸上のデータに変換し、その周波数軸データをデマッピング12へ出力する。その後、デマッピング12では、制御回路10によって指定された「FEQ係数情報」「ターゲット復号に関する情報」「ビットマップ情報」「トーンオーダリング選択情報」等を用いて、受け取った周波数データを復調する。

【0031】最後に、デフレイミング回路11では、復調後のデータから、送信フレーム内のデータ（図2参照）のみを切り出すデフレイミング処理を行うことで、受信データを生じし、この通信装置に接続された機器（図示せず）にその受信データを出力する。なお、デフレイミング処理とは、フレイミング回路1によるフレイミング処理とは逆の処理であり、一次復調されたデータのフレームから、後述のプリアンブルおよび物理層ヘッダを分離して、物理層ペイロードのみを合成する処理、すなわち、受信データをもとの送信データの形に再構成する処理のことを行う。

【0032】図2は、上記フレイミング回路1によるフレイミング処理で生成されるフレームの構成を示す図で

ある。図2に示すフレームは、キャリア検出用の信号の領域であるプリアンブルフィールド(AGC)と、伝送経路を示すコード(ID)、サブキャリアロック/シンボルクロック同期用信号(PT1, PT2)等を含む物理層ヘッダフィールドと、論理データの境界識別用コード、ビットマップ一致/不一致検出用コード、コマンドフィールド、グループコード等の制御情報、や送信データを含む物理層ペイロードフィールドから構成され、このフレームがフレームング回路1にて生成され、前述の処理で変調後、伝送路7に出力される。

【0033】また、伝送路上のフレームは、伝送路に接続されたすべての通信装置で受け取られ、制御回路10では、受け取ったフレームの識別を行った上で自分の持つコードと一致した場合にのみ、伝送路上に送信されているデータが自分宛であると判断し、後続のペイロード部分の内容を理解する。また、自分宛でないと判断した場合は、動作を行わない。

【0034】図3は、低速モードで動作する通信装置がデータ通信に用いるトーンと、高速モードで動作する通信装置がデータ通信に用いるトーンと、を示す図である。たとえば、4.3125kHz間隔の128本(≠0≠127)のトーンを想定した場合、上記低速モードで動作する通信装置では、16本間隔で選び出した図示の5本のトーンを使用してデータ通信を行い、高速モードで動作する通信装置では、それ以外のトーンを用いてデータ通信を行う。

【0035】また、図4は、上記フレームの伝送路上の状態と、FFTに入力されるシンボルの単位と、を示す図である。たとえば、本実施の形態において、上記フレームを構成するシンボルの、図4に示すとおり、16サンプルのサイクリックプレフィックス(CP)と、256サンプルのデータ部分で構成され、1シンボルが27サンプルとなる。したがって、受信側では、既知のタイミングで挿入されたCPを削除した状態(図4の「復調FFT」に相当)でデータの復調を行う。なお、上記データ部分とは、通信の最小単位であり、送信するすべてのトーンの合成波を、256点サンプルで表現したものである。また、CPとは、シンボル間干渉を防ぐためにシンボル間に挿入されるものであり、データ部分の終端16サンプルを複製して貼り付けたものであり、これにより、CPとデータ部分が連続的な波形となる。

【0036】ここで、上記通信装置間でデータ通信を行う場合のシンボル同期の確立方法を詳細に説明する。なお、ここでは、シンボル周波数 $F = 4\text{kHz}$ とし、 $D/A6$ および $A/D16$ のサンプリング周波数を $S = 1.024\text{MHz}$ とする。この場合、1シンボル時間の信号は、 $S/F(256\text{サンプル}) \div CP(16\text{サンプル}) = 27$ サンプルで構成されることになる。また、ここでいうシンボルとは、通信の最小単位であり、たとえば、通信に使用する複数トーンの合成波を、27

2個のサンプルデータで表現したものである。また、1FFT4およびFFT14が256サンプルに対応する場合、生成可能なトーン周波数は、 $F \times x(x = 1 \sim 128)$ となり、128本のトーンが利用可能となる。

【0037】このような状態で、まず、通信装置の受信系では、起動時およびデータ通信を行っていないときに、クロックマスタが送信するパイロットトーンを用いて、シンボル同期を確立し、いつでもデータ通信を開始できるようにしておく。具体的にいうと、まず、 $A/D16$ が、伝送路上の信号を、27点サンプリングを行うことにより取り込む。そして、シンボル境界判定値算出部21が、 A/D 変換後のパイロットトーンのサンプリングデータを用いて、他の通信装置とのシンボル同期を確立するための演算を行う。

【0038】シンボル境界判定値算出器21では、上記パイロットトーンのサンプリングデータを用いて、シンボル境界の判定に必要な判定値を算出する。なお、シンボル選択器23では、制御回路10の指示で、複数のトーンの中から少なくとも1本のパイロットトーンを選択する。選択されたパイロットトーンの周波数が、たとえば、シンボル周波数のM倍のトーン($M = 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64, 66, 68, 70, 72, 74, 76, 78, 80, 82, 84, 86, 88, 90, 92, 94, 96, 98, 100$)であった場合、シンボル境界判定値算出器21では、過去 $S/F + CP = 27$ 個のサンプルデータをバッファリングし、後述するシンボル境界判定値を算出する。ただし、ここでは、バッファの先頭の内容を D_0 とし、さらに、最後の内容を $D_{(S/F+CP)-1}$ とする。シンボル境界判定値は、新しいサンプルデータが得られる度に、最新の $S/F + CP = 27$ 個のサンプルデータを用いて算出する。

【0039】つぎに、シンボル境界判定器22では、たとえば、過去 $S/F + CP = 27$ 個の分のシンボル境界判定値の最大値が、どのタイミングで発生したかを検索し、検索されたタイミングを用いてシンボル同期を確立する。

【0040】図5は、各通信装置間のシンボル同期の確立方法の具体例を示す図である。ここでは、パイロットトーンとして、たとえば、24倍トーン(トーン24)が選択された場合($M = 24$)について説明する。なお、パイロットトーンは、前述したように、シンボル間単位に間隔の信号である。

【0041】図5(a)は、複数トーンの合成波から、パイロットトーンだけを表現したものである。図5(a)において、パイロットトーン上の信号は、1シンボル期間内に25周期分(CP含む)の正弦波信号を含むため、1シンボルを $S/F + CP = 27$ 点でサンプリングしている場合、16サンプルで、1.5周期上となり、16サンプル毎に符号が反転した値を待つ。

【0042】また、シンボル境界判定値算出器21では、新しいサンプルデータが得られる度に、最新の $S/F + CP = 27$ 個のサンプルデータを用い、かつ16

サンプル単位に値を反転させて、同期加算を行う。すなわち、図示のとおり、16サンプル単位にサンプル値を反転させ、かつ1シンボル長の範囲で同期加算を行う。

【0043】図5(b)は、シンボル境界判定値の算出範囲を示す図であり、図5(c)は、同期加算結果の一例を示す図であり、図5(d)は、同期加算結果におけるサンプルデータの絶対値の加算結果、すなわち、シンボル境界判定値を示す図である。図示のように、シンボル境界判定値の算出範囲がAの場合(図5(b)参照)は、パイロットトーンの信号が強調され、振幅が1.7倍となる。1.5周期分の同期加算結果を得ることができる(図5(c)A'参照)。また、この場合、シンボル境界判定値が最大となる(図5(d)参照)。そして、シンボル境界判定値の算出範囲がBからずれる程に、シンボル境界判定値が段階的に減少する。なお、選択されたパイロットトーン(M=24)以外のトーンの信号成分については、上記同期加算により打ち消され、その値が0となる。

【0044】一方、シンボル境界判定値の算出範囲がBの場合(図5(b)参照)は、2.72点の信号の前半(D₀~D₁₃₆)と後半(D₁₃₆~D₂₇₂)とが同相信号となるため、上記同期加算(16サンプル単位に反転)によりパイロットトーンの信号が相殺され、振幅が0となる。1.5周期分の同期加算結果を得ることができる(図5(c)B'参照)。また、この場合、シンボル境界判定値が最小となる(図5(d)参照)。

【0045】そして、シンボル境界判定値算出器21からの出力を受け取ったシンボル境界判定器22では、1シンボル期間にわたるシンボル境界判定値が最大となるタイミングを検出し、これを、各通信装置間のシンボライミングとして使用する。

【0046】このように、各通信装置間でシンボル同期を確立する場合は、16n(nは自然数)、5+8を渡したパイロットトーン(トーン2、4、6、8、10、12、14、16、18、20、22、24、26、28、30、32、34、36、38、40、42、44、46、48、50、52、54、56、58、60、62、64、66、68、70、72、74、76、78、80、82、84、86、88、90、92、94、96、98、100、102、104、106、108、110、112、114、116、118、120、122、124、126、128、130、132、134、136、138、140、142、144、146、148、150、152、154、156、158、160、162、164、166、168、170、172、174、176、178、180、182、184、186、188、190、192、194、196、198、200、202、204、206、208、210、212、214、216、218、220、222、224、226、228、230、232、234、236、238、240、242、244、246、248、250、252、254、256、258、260、262、264、266、268、270、272、274、276、278、280、282、284、286、288、290、292、294、296、298、300、302、304、306、308、310、312、314、316、318、320、322、324、326、328、330、332、334、336、338、340、342、344、346、348、350、352、354、356、358、360、362、364、366、368、370、372、374、376、378、380、382、384、386、388、390、392、394、396、398、400、402、404、406、408、410、412、414、416、418、420、422、424、426、428、430、432、434、436、438、440、442、444、446、448、450、452、454、456、458、460、462、464、466、468、470、472、474、476、478、480、482、484、486、488、490、492、494、496、498、500、502、504、506、508、510、512、514、516、518、520、522、524、526、528、530、532、534、536、538、540、542、544、546、548、550、552、554、556、558、560、562、564、566、568、570、572、574、576、578、580、582、584、586、588、590、592、594、596、598、600、602、604、606、608、610、612、614、616、618、620、622、624、626、628、630、632、634、636、638、640、642、644、646、648、650、652、654、656、658、660、662、664、666、668、670、672、674、676、678、680、682、684、686、688、690、692、694、696、698、700、702、704、706、708、710、712、714、716、718、720、722、724、726、728、730、732、734、736、738、740、742、744、746、748、750、752、754、756、758、760、762、764、766、768、770、772、774、776、778、780、782、784、786、788、790、792、794、796、798、800、802、804、806、808、810、812、814、816、818、820、822、824、826、828、830、832、834、836、838、840、842、844、846、848、850、852、854、856、858、860、862、864、866、868、870、872、874、876、878、880、882、884、886、888、890、892、894、896、898、900、902、904、906、908、910、912、914、916、918、920、922、924、926、928、930、932、934、936、938、940、942、944、946、948、950、952、954、956、958、960、962、964、966、968、970、972、974、976、978、980、982、984、986、988、990、992、994、996、998、1000)を用いてシンボル同期処理を行う。具体的にいうと、上記パイロットトーンに対して、1/17シンボル長(16サンプル)単位に値を反転させ、かつ1シンボル長範囲で、サンプリングデータの同期加算を行い、さらに、その同期加算結果におけるサンプリングポイントの絶対値の総和、すなわち、シンボル境界判定値、が最大となるタイミングを、各通信装置間のシンボライミングと定義する。

【0047】以上、ここまでの説明では、通信装置の基本的な動作、および各通信装置間のシンボル同期の確立方法、について説明してきた。以降の説明では、たとえば、「伝送レートおよび復調精度のさらなる向上」という観点から、自装置に送られてきた信号かどうかを判断するための構成、およびシンボル同期を確立するための構成、の改善を行った。具体的にいうと、図2にて示した物理層ヘッダ内のID(1シンボル分)を用いて、上

記の方法で生成したシンボライミングを補正する。

【0048】以降、伝送レートおよび復調精度を向上させるために追加した構成、およびその動作について説明する。まず、送信系の動作について説明する。たとえば、前述の説明では、通信装置に接続されたデータ処理装置から送信データが入力されると、後述の図2に示すフレームング処理後のフレームをマッピングし、そのマッピング結果をIFFT4へ出力していたが、本実施の形態では、さらに、直交符号割当回路3が、当該フレーム内の伝送経路を識別するためのコード、すなわち、通信相手を選定するためのコードである「ID」に対して、予め当該通信相手に割り当てられている所定の直交符号を乗算する。

【0049】図6は、上記直交符号の一例である32行×32列のアダマール系列を示す図である。なお、アダマール系列のn(0~31)行の要素をh(n)と呼び、m(0~31)列の要素をh(n,m)と呼ぶ。本実施の形態では、たとえば、トーン3からトーン98の96本のトーン(実際には、低速モードの予約トーン、パイロットトーンを除く)に、32ビットのアダマール系列をBPSKエンコードする。以下に、エンコード値t(n)を示す。

$t(3m) = h(1D, m)$
 $t(3m+1) = h(1, D, m)$
 $t(3m+2) = h(1, D, m)$
ただし、1Dは0~31とする。

【0050】そして、IFFT4では、受け取ったすべてのトーンを逆フーリエ変換することで周波数軸データを時間軸データに変換する。

【0051】一方、通信装置の受信系では、送信側の通信装置から送られてきたすべてのマルチキャリアデータを、結合回路8を介して取り込み、A/D16が、アナログ/デジタル変換を行う。続いて、キャリア検出器17が、キャリアセンスおよびトーン検定によりキャリア検出用フィールドを検出する。ここで、キャリア検出器17の判定により、キャリア検出用の信号(AGC)があると判断された場合は、以降、後述のサンプリングデータを用いて、受信中のフレームが自装置に対するフレームであるかどうかを判断する。

【0052】具体的にいうと、まず、S/P15が、現在のシンボル同期クロックに基づいて、デジタルデータに変換されたシリアルデータ(フレーム内の1Dの部分:1シンボル分)をパラレルデータに変換し、そのデータをFFT14へ出力する。このとき、S/P15では、当該1Dに対応するサンプリングデータを、たとえば、シンボル同期クロックのタイミングと、その他、前後に2回のサンプリングタイミングで、パラレルデータに変換する。図7は、受信中のフレームにおける1Dのサンプリングタイミングと((a)参照)、相関検出回路3における相関結果と((b)参照)、を示す図である。

【0053】その後、FFT14では、上記5種のパレルデータに対してそれぞれフーリエ変換を行うことにより、時間軸のマルチキャリア信号を周波数軸上のデータに変換し、それらの周波数軸データをそれぞれ相関検出回路13へ出力する。その後、相関検出回路13では、上記フレーム内の伝送経路を識別するためのコードである「ID」から、受信中のフレームが自装置に対するものであるかどうかを判断する。具体的にいうと、本実施の形態では、相関検出回路13が、当該フーリエ変換後の5種のデータに対して、予め自装置に割り当てられている図6に示す直交符号のいずれか1つを乗算すること、受信中のフレームが自装置に対するものであるかどうかを判断する。

【0054】さらに、相関検出回路13では、当該フーリエ変換後の5種のデータに対する相関検出処理（乗算）において、最も相関の高かったタイミングを正式なシンボルタイミングと定義し、そのタイミングから求められた補正量をシンボル境界判定器22に通知する。そして、シンボル境界判定器22では、当該補正量に基づいてシンボル同期クロックを補正し、以降は、補正後のシンボル同期クロックを正式なシンボル同期クロックとして出力する。

【0055】このように、本実施の形態においては、送信側の構成に、通信相手特定するための直交符号を割り当てる直交符号割当回路3を追加し、受信側の構成に、受信中のフレームが自装置宛のフレームかどうかを予め割り当てられた直交符号を用いて判断する相関検出回路を追加する。これにより、伝送路上の信号が自装置に送られてきた信号かどうかを、短いシンボル長で、かつ伝送レートを下げることなく、正確に判断することができる。また、サンプルクロックをずらしながら所定回数にわたって、IDフィールドに自装置のもつ直交符号を乗算し（相関検出）、当該乗算結果に基づいて高精度にシンボル同期クロックを補正する構成としたため、乗算器を付加しただけの簡易な構成で復調精度を大幅に向上させることができる。

【0056】

【発明の効果】以上、説明したとおり、本発明によれば、送信側の構成に、通信相手特定するための直交符号を割り当てる直交符号乗算手段を追加し、受信側の構成に、受信中のフレームが自装置宛のフレームかどうかを予め割り当てられた直交符号を用いて判断し、最終的にシンボル同期クロックの補正量を算出する補正量算出手段を追加した。これにより、伝送路上の信号が自装置に送られてきた信号かどうかを、短いシンボル長で、かつ伝送レートを下げることなく、正確に判断することが可能な通信装置を得ることができる、という効果を奏する。また、サンプルクロックをずらしながら所定回数にわたって、IDフィールドに自装置のもつ直交符号を乗算し（相関検出）、当該乗算結果に基づいて高精度にシ

ンボル同期クロックを補正する構成としたため、乗算器を付加しただけの簡易な構成で復調精度を大幅に向上させることが可能な通信装置を得ることができる、という効果を奏する。

【0057】つぎの発明によれば、通信相手を特定するための直交符号を割り当てる直交符号乗算手段を追加した。これにより、受信側では、伝送路上の信号が自装置に送られてきた信号かどうかを、短いシンボル長で、かつ伝送レートを下げることなく、正確に判断することができる、という効果を奏する。

【0058】つぎの発明によれば、受信側の構成に、受信中のフレームが自装置宛のフレームかどうかを予め割り当てられた直交符号を用いて判断し、最終的にシンボル同期クロックの補正量を算出する補正量算出手段を追加した。これにより、伝送路上の信号が自装置に送られてきた信号かどうかを、短いシンボル長で、かつ伝送レートを下げることなく、正確に判断することができる、という効果を奏する。また、サンプルクロックをずらしながら所定回数にわたって、IDフィールドに自装置のもつ直交符号を乗算し（相関検出）、当該乗算結果に基づいて高精度にシンボル同期クロックを補正する構成としたため、乗算器を付加しただけの簡易な構成で復調精度を大幅に向上させることができる、という効果を奏する。

【0059】つぎの発明によれば、送信側に、通信相手特定するための直交符号を割り当てる直交符号乗算ステップを追加し、受信側に、受信中のフレームが自装置宛のフレームかどうかを予め割り当てられた直交符号を用いて判断し、最終的にシンボル同期クロックの補正量を算出する補正量算出ステップを追加した。これにより、伝送路上の信号が自装置に送られてきた信号かどうかを、短いシンボル長で、かつ伝送レートを下げることなく、正確に判断することができる、という効果を奏する。また、サンプルクロックをずらしながら所定回数にわたって、IDフィールドに自装置のもつ直交符号を乗算し（相関検出）、当該乗算結果に基づいて高精度にシンボル同期クロックを補正する処理としたため、乗算器を付加しただけの簡易な構成で復調精度を大幅に向上させることができる、という効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明にかかる通信装置の構成を示す図である。

【図2】 フレーム処理で生成されるフレームの構成を示す図である。

【図3】 データ通信に用いるトーンを示す図である。

【図4】 フレームの伝送路上の状態とFFTに入力されるシンボルの単位とを示す図である。

【図5】 各通信装置間のシンボル同期の確立方法の具体例を示す図である。

【図6】 直交符号の一例である32行×32列のアダ

マール系列を示す図である。

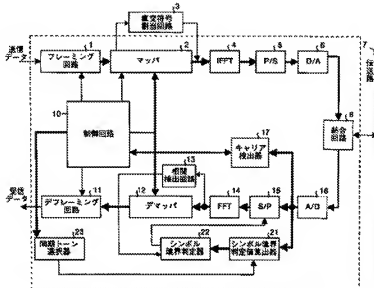
【図7】 受信中のフレームにおける1Dのサンプルタイミングと相関検出回路における相関結果とを示す図である。

【符号の説明】

1 フレーミング回路、2 マップ、3 直交符号割当回路、4 逆高速フーリエ変換回路、5 パラレル/シリアル変換回路 (P/S)、6 デジタル/アナログ

変換回路 (D/A)、7 伝送路 (電力線)、8 結合回路、10 制御回路、11 デフレミング回路、12 デマップ、13 相関検出回路、14 高速フーリエ変換回路、15 シリアル/パラレル変換回路 (S/P)、16 アナログ/デジタル変換回路 (A/D)、17 キャリア検出器、21 シンボル境界判定値算出器、22 シンボル境界判定器、23 同期トーン選択器。

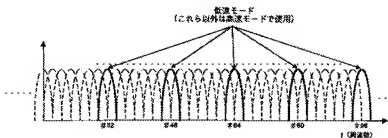
【図1】



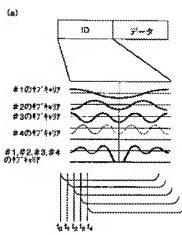
【図2】



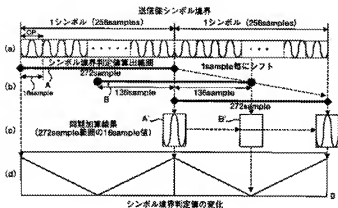
【図3】



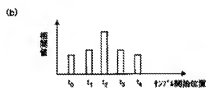
【例 7】



[100]



【 6 】

[illegible]

フロントページの続き

Fターム(参考) 5K004 AA05 FB06 FG02 FG04
5K022 DD01 DD13 DD18 DD19 DD33
DD42
5K047 AA01 GG45 HH02 HH15 MM44
MM45